

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-054504

(43)Date of publication of application : 26.02.1999

(51)Int.Cl.

H01L 21/316

H01L 21/3205

H01L 21/768

(21)Application number : 09-209258

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 04.08.1997

(72)Inventor : HASEGAWA TOSHIAKI

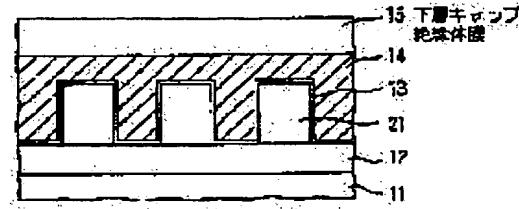
AOYAMA JUNICHI

## (54) FORMING METHOD OF LAMINATED INSULATOR FILM AND SEMICONDUCTOR DEVICE USING THE SAME

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To prevent generation of ammonia by forming a cap insulator film on a planarization insulator film by using material gas containing inorganic silane compound gas, oxidizing agent and hydrocarbon, and heat-treating the film thus preventing production of particles and cracking.

**SOLUTION:** A treated substrate on which a lower layer protective film 13 is formed is carried in a liquid phase CVD equipment, and set on a substrate stage, and a lower layer planarization insulator film 14 is formed under specific CVD conditions. The treated substrate on which the film 14 is formed is carried in plasma CVD equipment, and set on a substrate mounting electrode, and a lower layer cap insulator film 15 is formed on the surface of the film 14. The plasma CVD conditions are as follows; SiH<sub>4</sub> is 100 sccm, O<sub>2</sub> is 500 sccm, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> is 10 sccm, is 1,000 sccm, gas pressure is 1,330 Pa, RF power is 1,000 W, and substrate temperature is 350° C. The film 14 having OH groups formed by the liquid phase CVD method is heat-treated.



(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-54504

(43) 公開日 平成11年(1999)2月26日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
H 01 L 21/316

識別記号

21/3205  
21/768

F I  
H 01 L 21/316  
21/88  
21/90

X  
M  
K  
M

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平9-209258  
(22) 出願日 平成9年(1997)8月4日

(71) 出願人 000002185  
ソニー株式会社  
東京都品川区北品川6丁目7番35号  
(72) 発明者 長谷川 利昭  
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内  
(72) 発明者 青山 純一  
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

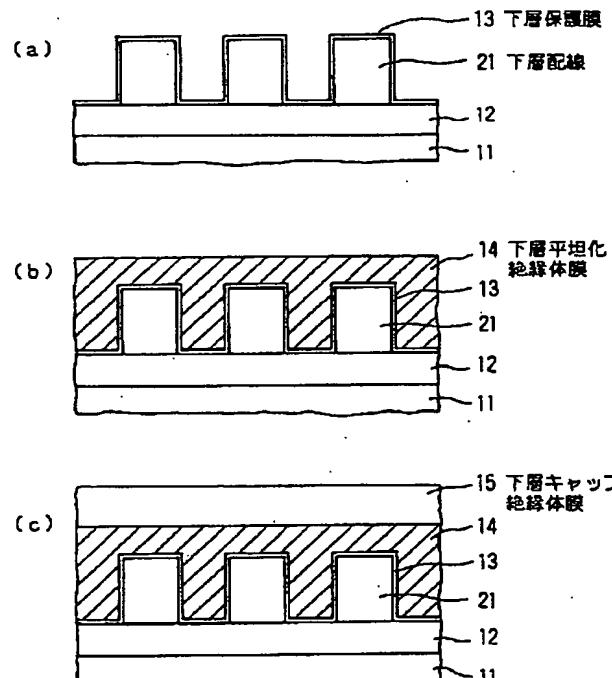
(54) 【発明の名称】 積層絶縁体膜の形成方法およびこれを用いた半導体装置

(57) 【要約】

【課題】 ギャップフィル能力やグローバル平坦化能力に優れた液相CVD法による平坦化絶縁体膜 (APL膜) から、-OH基を除去するための熱処理に先立って形成するキャップ絶縁体膜を信頼性高く形成する。

【解決手段】 無機シラン/O<sub>2</sub> /炭化水素、あるいは有機シラン/O<sub>2</sub> を原料ガスとしたプラズマCVD法により、(下層) キャップ絶縁体膜15を形成する。

【効果】 キャップ絶縁体膜の形成に際して、プラズマ中に有害なアンモニアやパーティクルが発生するがない。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 無機シラン化合物ガスおよび有機シラン化合物ガスのうちのいずれか一方と、-OH基を有する酸化剤を含む原料ガスを用いた化学的気相成長法により、-OH基を含有する平坦化絶縁体膜を被処理基板上に形成する工程、

無機シラン化合物ガス、酸化剤および炭化水素を含む原料ガスを用い、キャップ絶縁体膜を前記平坦化絶縁体膜上に形成する工程、

熱処理を施すことにより、前記平坦化絶縁体膜に含有される-OH基を除去する工程、

以上の工程をこの順に有することを特徴とする積層絶縁体膜の形成方法。

【請求項2】 前記炭化水素は、メタン、エタン、エチレン、アセチレン、プロパンおよびプロピレンのうちのいずれか少なくとも一種であることを特徴とする請求項1記載の積層絶縁体膜の形成方法。

【請求項3】 無機シラン化合物ガスおよび有機シラン化合物ガスのうちのいずれか一方と、-OH基を有する酸化剤を含む原料ガスを用いた化学的気相成長法により、-OH基を含有する平坦化絶縁体膜を被処理基板上に形成する工程、有機シラン化合物ガスおよび酸化剤を含む原料ガスを用い、キャップ絶縁体膜を前記平坦化絶縁体膜上に形成する工程、熱処理を施すことにより、前記平坦化絶縁体膜に含有される-OH基を除去する工程、

以上の工程をこの順に有することを特徴とする積層絶縁体膜の形成方法。

【請求項4】 前記有機シラン化合物ガスは、メチルシランガス、ジメチルシランガス、トリメチルシランガスおよびテトラメチルシランガスのうちのいずれか少なくとも一種であることを特徴とする請求項1または3記載の積層絶縁体膜の形成方法。

【請求項5】 前記-OH基を有する酸化剤は、

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>ガス、

H<sub>2</sub>Oガスのプラズマ、

およびH<sub>2</sub>とO<sub>2</sub>の混合ガスのプラズマのうちのいずれか少なくとも1種であることを特徴とする請求項1または3記載の積層絶縁体膜の形成方法。

【請求項6】 前記-OH基を含有する平坦化絶縁体膜を形成する工程における前記原料ガスは、さらにフルオロカーボン系化合物を含むことを特徴とする請求項1または3記載の積層絶縁体膜の形成方法。

【請求項7】 前記-OH基を含有する平坦化絶縁体膜を形成する工程においては、

前記被処理基板を室温以下に制御することを特徴とする請求項1または3記載の積層絶縁体膜の形成方法。

【請求項8】 前記被処理基板は段差を有し、前記段差を埋めて略平坦な表面を有する平坦化絶縁体膜を形成することを特徴とする請求項1または3記載の積層絶縁体

2

## 膜の形成方法。

【請求項9】 請求項1記載の積層絶縁体膜の形成方法により形成された層間絶縁膜を有することを特徴とする半導体装置。

【請求項10】 請求項3記載の積層絶縁体膜の形成方法により形成された層間絶縁膜を有することを特徴とする半導体装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は積層絶縁体膜の形成方法およびこれを用いた半導体装置に関し、さらに詳しくは、配線等による段差が形成された被処理基板上に、層間絶縁膜を平坦に形成する際に適用して好適な積層絶縁体膜の形成方法およびこれを用いた半導体装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 LSI等の半導体装置の高集積度化が進展するに伴い、多層配線構造が多用され、同一配線層内の隣り合う配線間の層間絶縁膜の幅が狭まるとともに、異なる配線層間の層間絶縁膜の厚さも薄くなっている。かかる配線間隔の縮小により、配線間容量の上昇による配線遅延等が問題となりつつある。このため半導体装置の実動作速度は1/K (Kはスケーリングファクタ) のスケーリング則に合致しなくなり、高集積化のメリットを充分に享受することができない。配線間容量の上昇防止は、高集積度半導体装置の高速動作、低消費電力および低発熱等の諸要請に応えるためには、是非とも解決しなければならない要素技術の1つである。

【0003】 従来より半導体装置の層間絶縁膜に採用されてきた絶縁体膜材料は、SiO<sub>2</sub>、SiONやSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>等の無機系材料が主体であった。高集積度半導体装置の配線間容量の低減方法として、例えば特開昭63-7650号公報に開示されているように、これら一般的な無機系材料よりも低誘電率の材料による層間絶縁膜の採用が有効である。この低誘電率材料としては、フッ素原子を含む酸化シリコン系絶縁膜(以下SiOFと記す)等の無機系材料と、炭素原子を含む有機系材料が代表的である。これら比誘電率が3.5以下の低誘電率材料層を、隣り合う配線間はもとより異なるレベルの配線層間にも適用し、しかも低誘電率材料層をSiO<sub>2</sub>(比誘電率4)、SiON(比誘電率4~6)やSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>(比誘電率6)等の膜質に優れた薄い絶縁膜により挟み込む構造の積層絶縁膜を、本願出願人は特開平8-162528号公報で開示し、低誘電率と高信頼性を合わせ持つ層間絶縁膜を有する半導体装置の可能性を示した。

【0004】 低誘電率絶縁体膜に限らず、多層配線間の層間絶縁膜としては、隣り合う配線間の凹部を埋め込むために、ギャップフィル能力およびグローバル平坦化能力が求められる。ギャップフィル能力は微細間隔のスペースをボイドを発生することなく充填する能力である。

またグローバル平坦化能力は、大面積のスペース領域を中弛みなく充填する能力のことである。これらの要請に応じて提案された方法の一例として、英国ETE社のA P L (Advanced Planarization Layer) 技術と呼称される方法がある。この方法は原料ガスとして  $SiH_4$  と  $H_2O_2$  を用い、被処理基板を  $0^{\circ}C$  程度に冷却して CVD を施すことにより、凹凸を有する被処理基板表面にあたかも液体を垂らしたような状態で  $SiO_2$  を成膜するものである。ギャップフィル能力に関しては、アスペクト比 4 度程までは問題なく、グローバル平坦化に関しては  $10 \mu m$  の広いスペースを中弛みなく平坦に埋め込むことが可能とされている。しかしながら、被処理基板温度が  $10^{\circ}C$  以上に上昇すると、成膜途上での液体のような挙動を失い、ギャップフィル能力およびグローバル平坦化能力は徐々に劣化する。

【0005】このように、A P L 技術は成膜形状については魅力のある方法である。しかし、低誘電率の面では特徴はなく、比誘電率で 4 ~ 5 と SOG 膜、 $O_3$  - TEOS 膜並みである。これは、A P L 技術により形成された平坦化絶縁体膜 (A P L 膜と記す) に含まれる水酸基 (-OH 基) が比誘電率を上げるために、水酸基が除去された化学量論的な  $SiO_2$  を成膜したとしても、比誘電率は 3.8 度程が限界である。

【0006】そこで、この A P L 膜に有機成分を含有させて低誘電率化する方法が、第 44 回応用物理学関係連合講演会 (1997 年春季年会、講演予稿集 p 788、講演番号 30 p-F-14) において報告された。有機成分の導入は、 $SiH_4$  に替えてメチルシラン ( $CH_3$ )<sub>x</sub>  $SiH_{4-x}$  を用いることで実現した ( $x$  は 4 以下の自然数を表す)。低誘電率化の機構は、-CH<sub>3</sub> 基自身の分極率が小さいこと、および -Si-O-Si- 結合を -CH<sub>3</sub> 基で終端して膜の密度を下げることによると考えられる。この方法で形成した A P L 膜の比誘電率は、3.0 度程である。

#### 【0007】

【発明が解決しようとする課題】いずれの A P L 膜においても、層間絶縁膜構造としてはキャップ絶縁体膜との積層構造とすることが望ましい。キャップ絶縁体膜は A P L 膜上に形成され、その後の熱処理により A P L 膜中の -OH 基を除去して硬化する際の硬化速度を低下させ、クラックの発生を防止する機能を有する。したがって、キャップ絶縁体膜は気相中に発生するパーティクルを防止するためと、熱処理温度以下の温度で形成する必要があるため、 $SiH_4$  と  $N_2O$  を原料ガスとしたプラズマ CVD 法により形成される。しかしこの方法によると、プラズマ中で解離生成した窒素および水素から生成されるアンモニアが A P L 膜に吸着したり、採り込まれて、その後の素子特性等に影響をおよぼす問題があった。本発明は A P L 技術のごとき液相 CVD 法を用い

て、平坦性に優れた信頼性の高い積層絶縁体膜を形成する際に、アンモニアの発生を防止することはもちろん、パーティクルの発生やクラックを防止しうる積層絶縁体膜の形成方法、およびこれを層間絶縁膜として用いた信頼性の高い高集積度半導体装置を提供することをその課題とする。

#### 【0008】

【課題を解決するための手段】本願の請求項 1 の積層絶縁体膜の形成方法は、無機シラン化合物ガスおよび有機シラン化合物ガスのうちのいずれか一方と、-OH 基を有する酸化剤を含む原料ガスを用いた化学的気相成長法により、-OH 基を含有する平坦化絶縁体膜を被処理基板上に形成する工程、無機シラン化合物ガス、酸化剤および炭化水素を含む原料ガスを用い、キャップ絶縁体膜を先の平坦化絶縁体膜上に形成する工程、熱処理を施すことにより、この平坦化絶縁体膜に含有される -OH 基を除去する工程、以上の工程をこの順に有することを特徴とする。炭化水素は、メタン、エタン、エチレン、アセチレン、プロパンおよびプロピレンのうちのいずれか少なくとも一種であることが望ましい。

【0009】また本願の請求項 3 の積層絶縁体膜の形成方法は、無機シラン化合物ガスおよび有機シラン化合物ガスのうちのいずれか一方と、-OH 基を有する酸化剤を含む原料ガスを用いた化学的気相成長法により、-OH 基を含有する平坦化絶縁体膜を被処理基板上に形成する工程、有機シラン化合物ガスおよび酸化剤を含む原料ガスを用い、キャップ絶縁体膜を先の平坦化絶縁体膜上に形成する工程、熱処理を施すことにより、この平坦化絶縁体膜に含有される -OH 基を除去する工程、以上の工程をこの順に有することを特徴とする。有機シラン化合物ガスとしては、メチルシランガス、ジメチルシランガス、トリメチルシランガスおよびテトラメチルシランガスのうちのいずれか少なくとも一種であることが望ましい。

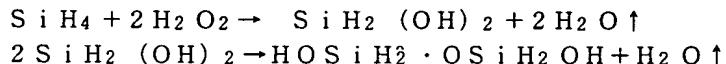
【0010】いずれの積層絶縁体膜の形成方法においても、-OH 基を有する酸化剤としては、 $H_2O_2$  ガス (過酸化水素ガスであり、プラズマ状態ではないもの) か、 $H_2O$  ガスすなわち水蒸気のプラズマか、あるいは  $H_2$  と  $O_2$  の混合ガスのプラズマのうちのいずれか少なくとも 1 種が例示される。

【0011】またいずれの積層絶縁体膜の形成方法においても、水分を含有する平坦化絶縁体膜を形成する原料化合物ガスは、さらにフルオロカーボン系化合物を含有してもよい。かかる化合物としては、テトラフルオロエチレンやその 2 量体以上の重合体のうち、気化しうる低重合度のポリテトラフルオロエチレン等を例示することができる。

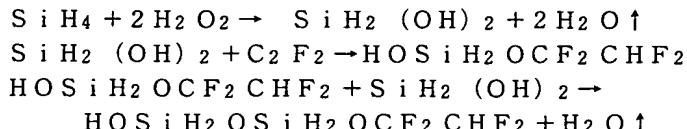
【0012】またいずれの積層絶縁体膜の形成方法においても、水分を含有する平坦化絶縁体膜を形成する成膜時においては、被処理基板を室温以下に制御しつつ、好

ましくは10℃以下に制御しつつ、さらに好ましくは0℃以下に制御しつつ、化学的気相成長を施すことを特徴とする。本明細書中における室温とは、通常の半導体装置の製造工程に用いるクリーンルームの室温を意味する。

【0013】本願発明の半導体装置は、これら請求項1あるいは3記載の積層絶縁体膜の形成方法により形成された層間絶縁膜を有することを特徴とする。



上式に示される重合反応を繰り返すことにより、シロキサン重合体からなる絶縁体膜が形成される。この重合反応は、反応副生成物のH<sub>2</sub>Oの脱離反応が律速となる比較的遅い反応であり、重合が進まない場合は、低次の重合体膜は液体のように挙動する。したがって、このCVD法（液相CVD法）は、ギャップフィル能力とグローバル平坦化能力を共に満たす成膜法となる。

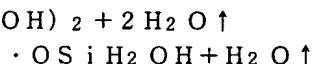


上式に示される共重合反応を繰り返すことにより、フルオロカーボン・シロキサン共重合体からなる低誘電率絶縁体膜が形成される。この共重合反応も、反応副生成物のH<sub>2</sub>Oの脱離反応が律速となる比較的遅い反応であり、共重合が進まない場合は、低次の共重合体膜は液体のように挙動する。したがって、このCVD法もギャップフィル能力とグローバル平坦化能力を共に満たす成膜法となる。

【0016】いずれの平坦化絶縁体膜の形成方法においても、成膜後に膜中に含有される-OH基や水分を除去する熱処理工程を入れる必要がある。この工程では急激に-OH基や水分を除去すると平坦化絶縁体膜にクラックが入るので、ゆっくりと除去しなければならない。この-OH基や水分の除去速度を制御し、クラックを防止するためには平坦化絶縁体膜上にSiO<sub>2</sub>等のギャップ絶縁体膜を形成して熱処理を施すことが一般的である。このギャップ絶縁体膜は先述したようにSiH<sub>4</sub>とN<sub>2</sub>Oを原料ガスとしたプラズマCVD法により形成される。しかしこの方法によると、プラズマ中で生成されるアンモニアがAPL膜に吸着したり、採り込まれて、その後の素子特性等に影響をおぼす問題があった。

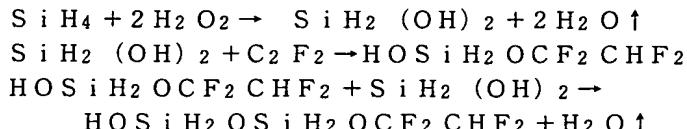
【0017】そこで、原理的にアンモニアの発生のないギャップ絶縁体膜の成膜方法が求められる。このような成膜方法としては、SiH<sub>4</sub>とO<sub>2</sub>を原料ガスとしたCVD法があるが、この方法では気相中にSiO<sub>2</sub>のパーティクルを多く発生するため、現在ではほとんど使用されることはない。本願の請求項1の積層絶縁体膜の形成方法においては、このパーティクルの発生を抑制するために、無機シラン系ガスと、O<sub>2</sub>等の酸化剤に、エチレン等の炭化水素を含む原料ガスを添加してギャップ絶縁

\* 【0014】つぎに作用の説明に移る。APL技術においては、シラン系化合物とH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>等の酸化剤を反応させることにより、下式に示されるようにSi(OH)<sub>2</sub>H<sub>2</sub>をはじめとする、Si(OH)<sub>x</sub>H<sub>4-x</sub>（xは4以下の自然数）等のシラノール中間生成物を形成し、さらにこの中間生成物を脱水結合することにより、表面が平坦なシリコン酸化膜を形成するものである。



\* パル平坦化能力を共に満たす成膜法となる。

【0015】この液相CVD法において、原料ガス中にC<sub>2</sub>F<sub>2</sub>のようなフルオロカーボンガスを含有させる場合には、フルオロカーボン・シロキサン共重合体が下式のメカニズムにより形成される。



上式に示される共重合反応を繰り返すことにより、フルオロカーボン・シロキサン共重合体からなる低誘電率絶縁体膜が形成される。この共重合反応も、反応副生成物のH<sub>2</sub>Oの脱離反応が律速となる比較的遅い反応であり、共重合が進まない場合は、低次の共重合体膜は液体のように挙動する。したがって、このCVD法もギャップフィル能力とグローバル平坦化能力を共に満たす成膜法となる。

30

【0018】このように、本発明の積層絶縁体膜の形成方法を採用することにより、パーティクルによる欠陥やアンモニアによる影響の少ない高集積度半導体装置を提供することが可能となる。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の積層絶縁体膜の形成方法およびこれを用いた半導体装置の実施の形態例につき、図面を参照しながら説明する。まず本発明の積層絶縁体膜の形成方法のうち、APL膜の形成に供される液相CVD装置の一構成例を、図3に示す概略断面図を参照して説明する。本CVD装置は基本的には枚葉式の減圧CVD装置であり、CVDチャンバ5内には被処理基板1を載置する基板ステージ2およびガス拡散板3が対向配置されている。基板ステージ2は不図示の冷却手段から例えばフロリナートやエタノール等の冷媒を循環することにより、被処理基板1を例えば0℃の低温に制御することが可能である。基板ステージ2は不図示のヒータを内蔵していてもよい。ガス拡散板3には無機シラン化合物、有機シラン化合物、および酸化剤をガス拡散板3に導入するガス配管4が接続され、これら化合物の

50

混合ガスを被処理基板1に向けて均一に供給することができる。これらガス配管4およびガス拡散板3等は、原料化合物が露結あるいは凝固しないように、必要に応じて加熱できるヒータ等の加熱手段が付随している。また酸化剤の配管中途には、リモートプラズマ発生装置(図示せず)を設けてもよい。酸化剤ソースとしてH<sub>2</sub>O、あるいはH<sub>2</sub>とO<sub>2</sub>との混合ガスを採用する場合には、リモートプラズマ発生装置によりH<sub>2</sub>Oプラズマ、あるいはH<sub>2</sub>とO<sub>2</sub>との混合ガスプラズマの形で活性な酸化剤をガス拡散板3に供給することができる。リモートプラズマ発生装置は周知の容量結合型、誘導結合型あるいはマイクロ波励起型等いずれの方式のものでもよい。なお図3においては被処理基板1の搬入搬出口やガス排気口、真空ポンプ、あるいは温度制御装置等の装置細部は図示を省略する。

【0020】図4は本発明の積層絶縁体膜の形成方法のうち、キャップ絶縁体膜の形成に供されるCVD装置の一構成例を示す概略断面図である。本CVD装置は枚葉式の平行平板型プラズマCVD装置であり、図3に示した液相CVD装置と類似の構成要素部分には共通の参照符号を付してある。CVDチャンバ5内には被処理基板1を載置する基板載置電極6およびガス拡散板を兼ねる対向電極7が対向配置されている。基板載置電極6は接地電位であり、被処理基板1を加熱するための加熱手段、例えばヒータが内蔵されており、被処理基板1を例えば300℃～400℃程度の任意の温度に制御することが可能である。対向電極7にはRF電源8が接続されており、アノードカップル方式の構成となっている。同じく対向電極7には無機シラン化合物、有機シラン化合物、酸化剤、不飽和炭化水素およびキャリアガス等を導入するガス配管4が接続され、これら化合物の混合ガスを被処理基板1に向けて均一に供給することができる。なお図4においても被処理基板1の搬入搬出口やガス排気口、真空ポンプ、あるいは温度制御装置等の装置細部は図示を省略する。図3に示した液相CVD装置と、図4に示したプラズマCVD装置とを、不図示のゲートバルブを介して接続し、連続CVD装置として構成すれば、平坦化絶縁体膜とキャップ絶縁体膜とを連続的に形成することができ、スループットの高い成膜プロセスが可能となる。さらに、熱処理装置をこれも不図示のゲートバルブを介して接続して連続処理装置としてもよい。

【0021】本発明の積層絶縁体膜の形成方法を、多層配線構造の半導体装置の層間絶縁膜に適用した例の概略断面図を図2に示す。図2の半導体装置は、半導体基板11上の下層絶縁膜12上に形成された下層配線21および上層配線23、およびこれらを接続するビアコンタクト22等による多層配線構造の層間絶縁膜として、本発明の積層絶縁体膜の形成方法を適用した例である。すなわち、下層絶縁膜12上にはA1系金属や多結晶シリコン、高融点金属ポリサイド等による下層配線21が形

成され、必要に応じてこの下層配線21を覆うようにコンフォーマルな形状の薄い下層保護膜13が形成されている。符号14は下層平坦化絶縁体膜であり、下層配線21により形成された段差を埋めて平坦な表面が形成されている。さらに下層平坦化絶縁体膜14上には下層キャップ絶縁体膜15が形成され、これら下層平坦化絶縁体膜14および下層キャップ絶縁体膜15により積層絶縁体膜が形成されている。この下層キャップ絶縁体膜15、下層平坦化絶縁体膜14および下層保護膜13を貫通してA1系金属や多結晶シリコン、タンゲステン等のビアコンタクト22が埋め込み形成されている。ビアコンタクト22には不図示のコンタクトメタルやパリアメタル等が形成されていてもよい。さらに下層キャップ絶縁体膜15上には同じくA1系金属や多結晶シリコン、高融点金属ポリサイド等による上層配線23が形成され、必要に応じてこの上層配線23を覆うようにコンフォーマルな形状の薄い上層保護膜16が形成されている。符号17は上層平坦化絶縁体膜であり、上層配線23により形成された段差を埋めて平坦な表面が形成されている。さらに上層平坦化絶縁体膜17上には上層キャップ絶縁体膜18が形成されている。上層配線23が最上層配線の場合には、上層キャップ絶縁体膜18は最終パシベーション膜であってよい。

【0022】図2に示される多層配線構造の半導体装置によれば、平坦化絶縁体膜の熱処理に際してのクラックが防止され、積層絶縁体膜からなる層間絶縁膜の平坦性に優れた高集積度半導体装置を提供することが可能である。

### 【0023】

【実施例】以下、本発明の積層絶縁体膜の形成方法およびこれを用いた半導体装置の好適な実施例につき、図面を参照してさらに詳しく説明する。なお本発明はこれら実施例になんら限定されるものではない。

### 【0024】実施例1

本実施例は、有機シラン化合物ガスおよびH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>を原料ガスとして用いた液相CVD法により、-OH基を有する平坦化絶縁体膜(有機APL膜)を形成後、SiH<sub>4</sub>、O<sub>2</sub>およびC<sub>2</sub>H<sub>4</sub>(エチレン)を原料ガスとして用いたプラズマCVD法によりキャップ絶縁体膜を形成して積層絶縁体膜を形成した例である。被処理基板として、A1等の金属配線により段差が形成されたものを採用した。この工程を図1(a)～(c)を参照して説明する。なお同図においては、先に図2で説明した半導体装置の構成要素に準じる構成要素には同一の参照符号を付すものとする。

### 【0025】本実施例で採用した被処理基板は図1

(a)に示すように、不図示のMOSトランジスタ等が作りこまれたSi等の半導体基板11上に、SiO<sub>2</sub>等からなる下層絶縁膜12、A1-1%Si等からなる下層配線21、および下層配線21をコンフォーマルに被

覆する  $\text{SiO}_2$  等からなる下層保護膜 13 が形成されたものである。

【0026】この下層絶縁膜 12 は、例えば  $\text{SiH}_4$  /  $\text{N}_2\text{O}$  混合ガスや  $\text{TEOS}/\text{O}_2$  混合ガスを用いたプラズマ CVD 法等により 500 nm の厚さに形成したものである。また下層配線 21 は一例として  $\text{Al}-1\% \text{Si}$  をターゲットとしたスパッタリング成膜、レジストマスクバターニングおよび塩素系ガスを用いたドライエッチングの各工程を経て、0.25 μm のラインアンドスペースパターンに形成したものであり、その厚さは例えば \*10

$\text{SiH}_4$	40	sccm
$\text{N}_2\text{O}$	100	sccm
$\text{He}$	50	sccm
ガス圧力	100	Pa
RFパワー	1.0	W/cm <sup>2</sup> (13.56 MHz)
基板温度	350	°C

【0028】下層保護膜が形成された被処理基板を、図 3 に示した液相 CVD 装置に搬送してその基板ステージ 2 上にセッティングし、一例として下記 CVD 条件により下層平坦化絶縁体膜 14 を例えば 800 nm の厚さ（段差凹部）に平坦に形成する。成膜後の状態を図 1 (b) に示す。

$\text{SiH}_4$	100	sccm
( $\text{CH}_3$ ) $\text{SiH}_3$	20	sccm
$\text{H}_2\text{O}_2$	200	sccm
ガス圧力	200	Pa
被処理基板温度	0	°C

本液相 CVD 工程において、 $\text{H}_2\text{O}_2$  ( $m_p = -0.4$  3 °C,  $b_p = 152$  °C) は液体ソースであるので、この容器を加熱して気化させて CVD チャンバ 5 内に導入する。この際には  $\text{Ar}$  や  $\text{He}$  等のキャリアガスを用いてよい。またガス拡散板 3 は例えば 100 °C に制御し、ここでのソースガスの凝縮を防止する。なお  $\text{SiH}_4$  はジシラン ( $\text{Si}_2\text{H}_6$ ) を用いてよい。また ( $\text{CH}_3$ ) $\text{SiH}_3$  に変えて ( $\text{CH}_3$ )<sub>2</sub> $\text{SiH}_2$  や ( $\text{CH}_3$ )<sub>3</sub> $\text{SiH}$  等でもよく、これらメチルシランの混合物でもよい。

【0029】また本実施例においては下層平坦化絶縁体膜 14 は有機 APL 膜として形成されるが、無機 APL 膜を採用してもよい。無機 APL 膜の場合の CVD 条件の一例を下記に示す。

$\text{SiH}_4$	100	sccm
$\text{H}_2\text{O}_2$	200	sccm
$\text{N}_2$ (キャリアガス)	200	sccm
ガス圧力	200	Pa
被処理基板温度	0	°C

下層平坦化絶縁体膜 14 として有機 APL 膜または無機 APL 膜のいずれを成膜する場合においても、原料ガス中に  $\text{C}_2\text{F}_4$  のようなフルオロカーボン系化合物のガスを添加すれば、膜中にフッ素を含む低誘電率の平坦化絶縁体膜 15 を形成する。

\* 500 nm、アスペクト比は 2 である。また図 1 (a) には示していないが、同じ被処理基板上には下層配線 21 の間隔が数  $\mu\text{m}$  から数十  $\mu\text{m}$  におよぶ広い凹部が形成されている。また、下層保護膜 13 は下層配線 21 の腐食等を防止して信頼性を高めるための保護層であり、その厚さは約 50 nm である。

【0027】下層保護膜 13 は例えば図 4 で示した平行平板型プラズマ CVD 装置を用い、一例として下記プラズマ CVD 条件により成膜した。

$\text{SiH}_4$	40	sccm
$\text{N}_2\text{O}$	100	sccm
$\text{He}$	50	sccm
ガス圧力	100	Pa
RFパワー	1.0	W/cm <sup>2</sup> (13.56 MHz)
基板温度	350	°C

縁体膜を形成することができる。

【0030】下層平坦化絶縁体膜 14 が形成された被処理基板を、図 4 に示したプラズマ CVD 装置に搬送して

20 その基板載置電極 6 上にセッティングし、一例として下記プラズマ CVD 条件により、平坦な下層平坦化絶縁体膜 14 の表面に下層キャップ絶縁体膜 15 を形成する。

下層キャップ絶縁体膜 15 は、一例として下記プラズマ CVD 条件により例えば 300 nm の厚さに形成した。

$\text{SiH}_4$	100	sccm
$\text{O}_2$	500	sccm
$\text{C}_2\text{H}_4$	10	sccm
$\text{N}_2$ (キャリアガス)	1000	sccm
ガス圧力	1330	Pa
RFパワー	1000	W (13.56 MHz)
基板温度	350	°C

本プラズマ CVD 工程においては、プラズマ中にアンモニアが発生することなく、またエチレン ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ) がプラズマ中のラジカルを捕捉するために穏やかな反応となり、気相中のパーティクルの発生が抑制される。エチレンの替わりにエタン、アセチレン、プロパンあるいはプロピレン等の常温で気体あるいは気化可能な炭化水素を用いてよい。

40 【0031】つぎに、液相 CVD 法で形成された  $-\text{OH}$  基を有する下層平坦化絶縁体膜 14 の熱処理工程に入る。熱処理条件は例えば大気圧窒素雰囲気中で 400 °C 15 分でよい。この熱処理は一般的な拡散炉を用いてよいし、図 4 に示したプラズマ CVD 装置の基板載置電極 6 上で連続的に施してもよい。熱処理後の被処理基板を図 1 (c) に示す。下層キャップ絶縁体膜 15 の存在により、下層平坦化絶縁体膜 14 からの水分除去速度は制御され、クラックの発生は防止される。

【0032】この後の工程、すなわち下層キャップ絶縁体膜 15、下層平坦化絶縁体膜 14 および下層保護膜 1

3からなる積層膜のドライエッティングによるビアコンタクト孔の開口、コンタクトプラグの充填等は通常の方法に準じておこなってよい。下層平坦化絶縁体膜14のエッティング特性は従来のSiO<sub>2</sub>のエッティング特性とほぼ同じであるので、1ステップでのドライエッティングが可能でありスループットの高いプロセスを実現できる。この後、上層配線、上層保護膜、上層平坦化絶縁体膜および上層キャップ絶縁体膜を上述した下層配線、下層保護膜、下層平坦化絶縁体膜および下層キャップ絶縁体膜に準じて反復して形成し、図2に示されるような多層配線構造を有する半導体装置を完成する。本実施例によれば、キャップ絶縁体膜の原料ガス中にエチレンを混合することにより、パーティクルやアンモニア、クラック等のない信頼性の高い積層絶縁体膜およびこれを用いた半導体装置を提供することができる。

【0033】実施例2

本実施例は、有機シラン化合物ガスおよびH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>を原料ガスとして用いた液相CVD法により、-OH基を有\*

(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> SiH <sub>3</sub>	100	sc cm
O <sub>2</sub>	500	sc cm
ガス圧力	65	Pa
R Fパワー	1500	W (13.56 MHz)
基板温度	350	°C

本プラズマCVD工程においては、プラズマ中にアンモニアが発生することなく、またシリコンソースとして反応性の小さいモノメチルシランを用いたため、気相中のパーティクルの発生が抑制される。モノメチルシランの替わりにジメチルシランやトリメチルシラン等あるいはこれらの混合物を用いてもよい。

【0035】液相CVD法で形成された-OH基を有する下層平坦化絶縁体膜14の熱処理条件は前実施例1に準じてよい。熱処理後の被処理基板を図1(c)に示す。下層キャップ絶縁体膜15の存在により、下層平坦化絶縁体膜14からの水分除去速度は制御され、クラックの発生は防止される。

【0036】この後の工程、すなわち下層キャップ絶縁体膜15、下層平坦化絶縁体膜14および下層保護膜13からなる積層膜のドライエッティングによるビアコンタクト孔の開口、コンタクトプラグの充填等は通常の方法に準じておこなってよい。下層平坦化絶縁体膜14のエッティング特性は従来のSiO<sub>2</sub>のエッティング特性とほぼ同じであるので、1ステップでのドライエッティングが可能でありスループットの高いプロセスを実現できる。この後、上層配線、上層保護膜、上層平坦化絶縁体膜および上層キャップ絶縁体膜を上述した下層配線、下層保護膜、下層平坦化絶縁体膜および下層キャップ絶縁体膜に準じて反復して形成し、図2に示されるような多層配線構造を有する半導体装置を完成する。本実施例によれば、キャップ絶縁体膜のシリコンソースガスとしてモノメチルシランを用いることにより、パーティクルやアン

\*する平坦化絶縁体膜(有機A PL膜)を形成後、モノメチルシランおよびO<sub>2</sub>を原料ガスとして用いたプラズマCVD法によりキャップ絶縁体膜を形成して積層絶縁体膜を形成した例であり、被処理基板として、Al等の金属配線により段差が形成されたものを採用した。この工程を再び図1(a)～(c)を参照して説明する。ただし本実施例で採用した図1(a)に示す被処理基板および図1(b)に示す下層平坦化絶縁体膜14の形成工程までは前実施例1に準じたものであるので重複する説明は省略する。

【0034】下層平坦化絶縁体膜14が形成された被処理基板を、図4に示したプラズマCVD装置に搬送してその基板載置電極6上にセッティングし、一例として下記プラズマCVD条件により、平坦な下層平坦化絶縁体膜14の表面に下層キャップ絶縁体膜15を形成する。下層キャップ絶縁体膜15は、一例として下記プラズマCVD条件により例えば300nmの厚さに形成した。

(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>SiH<sub>3</sub> 100 sc cm  
O<sub>2</sub> 500 sc cm  
ガス圧力 65 Pa  
R Fパワー 1500 W (13.56 MHz)  
基板温度 350 °C

モニア、クラック等のない信頼性の高い積層絶縁体膜およびこれを用いた半導体装置を提供することができる。

【0037】以上、本発明を2例の実施例により詳細に説明したが、本発明はこれら実施例に何ら限定されるものではない。

【0038】例えば、キャップ絶縁体膜の原料ガスに添加する炭化水素として、メタン、エタン、エチレン、アセチレン、プロパンあるいはプロピレンの他に、室温で気体あるいは気化可能な低分子量の飽和あるいは不飽和炭化水素ガスやこれらの混合ガスを適宜用いることができる。また同じくキャップ絶縁体膜の原料ガスとしての有機シラン化合物として、メチルシラン系化合物の他に、エチルシラン系化合物や、気化可能なアルキルシラン系ガスを用いてもよい。

【0039】またAl-1%Si合金からなる配線層により段差が形成された被処理基板を採用したが、多結晶シリコンや高融点金属、あるいはその積層構造の高融点金属ポリサイドを用いてもよい。この場合には低誘電率絶縁体膜のアニール条件等の温度条件は高温側にシフトすることができる。また半導体装置の構造としても、配線層上に平坦化絶縁体膜を含む積層絶縁体膜を形成する場合について例示したが、平坦化絶縁体膜を含む積層絶縁体膜に溝を形成し、この溝内にエッチパックや研磨により埋め込み配線を形成する半導体装置構造に用いてもよい。さらに、最終パッシベーション膜として用いる場合や、トレンチアイソレーション等をパーティクルやクラックあるいはアンモニアの発生なく平坦に埋め込む場

30 加する炭化水素として、メタン、エタン、エチレン、アセチレン、プロパンあるいはプロピレンの他に、室温で気体あるいは気化可能な低分子量の飽和あるいは不飽和炭化水素ガスやこれらの混合ガスを適宜用いることができる。また同じくキャップ絶縁体膜の原料ガスとしての有機シラン化合物として、メチルシラン系化合物の他に、エチルシラン系化合物や、気化可能なアルキルシラン系ガスを用いてもよい。

40 【0039】またAl-1%Si合金からなる配線層により段差が形成された被処理基板を採用したが、多結晶シリコンや高融点金属、あるいはその積層構造の高融点金属ポリサイドを用いてもよい。この場合には低誘電率絶縁体膜のアニール条件等の温度条件は高温側にシフトすることができる。また半導体装置の構造としても、配線層上に平坦化絶縁体膜を含む積層絶縁体膜を形成する場合について例示したが、平坦化絶縁体膜を含む積層絶縁体膜に溝を形成し、この溝内にエッチパックや研磨により埋め込み配線を形成する半導体装置構造に用いてもよい。さらに、最終パッシベーション膜として用いる場合や、トレンチアイソレーション等をパーティクルやクラックあるいはアンモニアの発生なく平坦に埋め込む場

合等にも適用できる。半導体基板としてはSiの他にGaAs等の化合物半導体基板を用いる場合にも有効である。また半導体装置以外にも、薄膜ヘッドや薄膜インダクタ等、高周波の各種マイクロ電子デバイス等にも適用可能であることは言うまでもない。

## 【0040】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明の積層絶縁体膜の形成方法によれば、SiH<sub>4</sub>とN<sub>2</sub>Oを原料ガスとするキャップ絶縁体膜を用いた従来の形成方法に比較して、有機あるいは無機ALP膜からなる平坦化絶縁体膜にアンモニアが吸着あるいは吸収されることがない。またSiH<sub>4</sub>とO<sub>2</sub>を原料ガスとするキャップ絶縁体膜を用いた従来の形成方法に比較して、成膜時のパーティクル発生を抑制することができる。したがって、有機あるいは無機ALP膜から-OH基あるいは水分を除去する熱処理を、これらアンモニアやパーティクルの影響を受けることなく施すことができる。

【0041】本発明の積層絶縁体膜の形成方法を採用することにより、配線等により段差が形成された被処理基板上に、平坦な表面を有する層間絶縁膜を信頼性高く形成することができる。

\*成ることが可能となる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1および2の工程を説明する概略断面図である。

【図2】本発明の積層絶縁体膜の形成方法を、多層配線構造の半導体装置の層間絶縁膜に適用した例の概略断面図である。

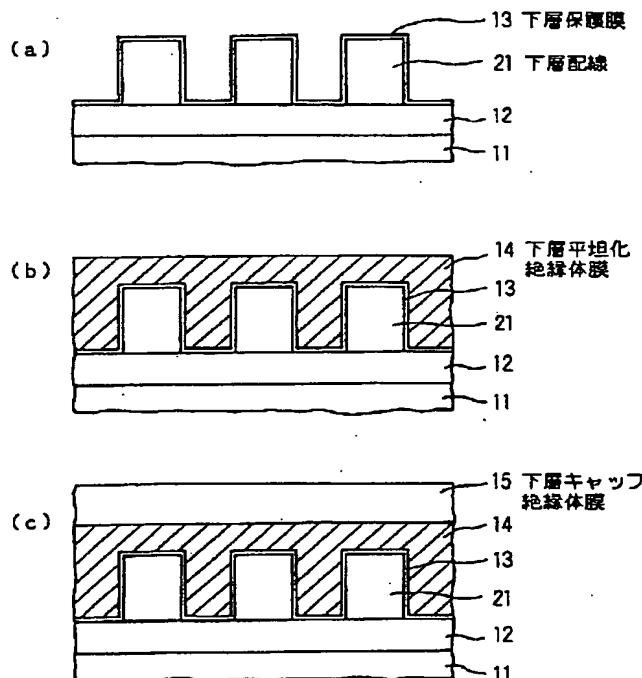
【図3】本発明の積層絶縁体膜の形成方法に供される液体CVD装置の一構成例を示す概略断面図である。

【図4】本発明の積層絶縁体膜の形成方法に供されるプラズマCVD装置の一構成例を示す概略断面図である。

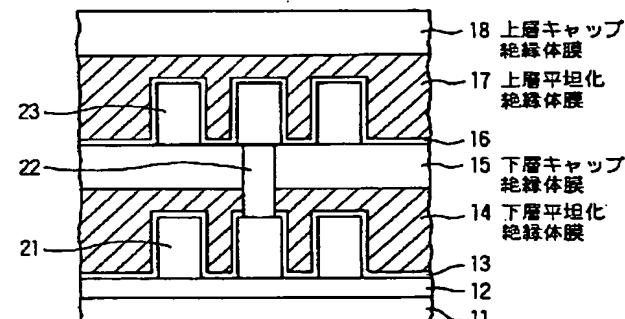
## 【符号の説明】

1…被処理基板、2…基板ステージ、3…ガス拡散板、4…ガス配管、5…CVDチャンバ、6…基板載置電極、7…対向電極、8…RF電源11…半導体基板、12…下層絶縁膜、13…下層保護膜、14…下層平坦化絶縁体膜、15…下層キャップ絶縁体膜、16…上層保護膜、17…上層平坦化絶縁体膜、18…上層キャップ絶縁体膜、21…下層配線、22…ピアコンタクト、23…上層配線

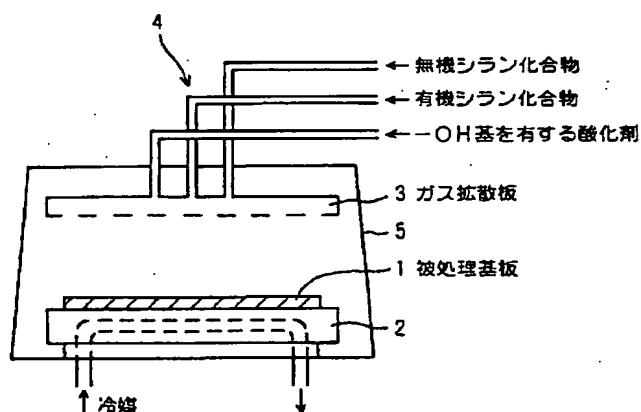
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

